

УДК 621.643.053

В.М. Стрілець, канд. техн. наук, проф., О.Р. Стрілець, канд. техн. наук, доц.,
С.В. Мазур, студент

Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

ПОВЕРНЕННЯ РІДИНИ В УЩІЛЬНЕНУ ПОРОЖНИНУ ЧЕРЕЗ КАНАВКУ У ВИГЛЯДІ СПІРАЛІ АРХІМЕДА НА ТОРЦІ ОБЕРТОВОГО КІЛЬЦЯ

V.M. Strilets, Ph.D, Prof., O.R. Strilets, Ph.D, Assoc. Prof., S.V. Mazur, student
FLUID RETURN IN THE SEALED CAVITY THROUGH GROOVE IN FORM OF A
ARCHIMEDES SPIRAL AT THE ROTATING RING END FACE

Для ущільнення валів насосів машин і механізмів широко застосовують торцеві ущільнення. Основними деталями цих ущільнень є обертове і необертове кільця, які своїми торцями утворюють пару тертя для створення ущільненої порожнини з рідиною. Проблеми ущільнення валів насосів машин і механізмів широко описані в [1]. Останнім часом розроблені нові конструкції торцевих ущільнень на рівні патентів України [2,3] і спосіб виготовлення канавки у вигляді спіралі Архімеда на торці обертового кільця [4]. Однак теоретичні дослідження для запропонованих нових конструкцій торцевих ущільнень з канавкою у вигляді спіралі Архімеда на торці обертового кільця не проведені.

У даній доповіді розглядається будова торцевого ущільнення з канавкою на торці обертового кільця у вигляді спіралі Архімеда і принцип його роботи. Описується рух рідини, яка хоче проникнути через стик пари тертя назовні та повернення її назад в ущільнену порожнину.

Схема сил, які діють на елементарний об'єм рідини у канавці у вигляді спіралі Архімеда, розміщеній у площині перпендикулярній до осі обертання обертового кільця показана на рис.1.

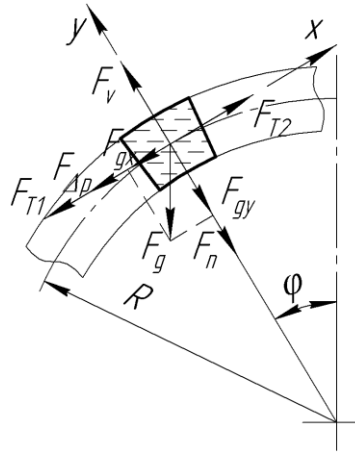


Рис. 1. Схема сил прикладених до елементарного об'єму рідини у канавці

Використовуючи другий закон Ньютона, для елементарного об'єму рідини рівняння руху мають такий вигляд:

$$\begin{cases} ma_x = -F_{\Delta p} - F_{gx} + F_T; \\ ma_y = -F_{gy} + F_v - F_n. \end{cases} \quad (1)$$

У наведених рівняннях (1) маємо: $F_{\Delta p}$ – сила, яка виникає від різниці тисків, які діють перед і поза елементарним об'ємом рідини. $F_{\Delta p} = -dpS$, де $S = b^2$ – площа

поперечного перетину канавки (b – сторона квадратної канавки). F_g – сила тяжіння виділеного елементарного об’єму рідини. $F_g = mg$, де $m = \rho V = \rho Sdl$ – маса виділеного елементарного об’єму рідини, $V = Sdl$ – елементарний об’єм рідини, яка проникла у канавку, а ρ – її густина. F_v – відцентрова сила, що діє на елементарний об’єм рідини при обертанні каналу разом з обертовим кільцем. $F_v = m\omega^2 R$, де $R = R_0 + dR$: R_0 – радіус від осі обертання до початку каналу, dR – приріст радіуса вздовж каналу, ω – кутова швидкість. F_T – сила тертя, яка складається з двох складових: $F_{T1} = F_{Tn}$ – сила тертя, яка виникає від загальної нормальної реакції: $F_{Tn} = \lambda F_n = \lambda(F_v - F_{gy})$, де $\lambda = 64/\text{Re}$ – гідравлічний коефіцієнт тертя, а Re – число Рейнольдса; $F_{T2} = F_{T\tau}$ – сила тертя, яка виникає від дотичних напружень рідини в контакті з поверхнею канавки і торцем необертового кільця: $F_{T\tau} = \tau_0 A$, де $\tau_0 = \rho\lambda v^2/8$ – дотичні напруження біля поверхні торця необертового кільця, а A – площа контакту рідини на торці необертового кільця. F_n – нормальна реакція, що виникає на поверхнях тертя ущільненої рідини, яка контактує з поверхнями канавки і торця. Виходячи із того, що елементарний об’єм рідини рухається лише вздовж каналу, тоді $v_y = 0$, тобто $a_y = dv_y/dt = 0$. Врахувавши, що $a_x = vdv/dl$, підставимо значення сил у перше рівняння системи отримаємо диференціальне рівняння руху рідини по канавці у вигляді спіралі Архімеда на торці обертового кільця торцевого ущільнення:

$$v \frac{dv}{dl} \rho Sdl = \frac{dp}{dl} Sdl + \omega^2 (R_0 + dR) \rho Sdl - \frac{b}{8} \rho \lambda v^2 dl - \lambda \rho S [\omega^2 (R_0 + dR) - g \cos \varphi] dl - (g \rho S \sin \varphi) dl. \quad (2)$$

Рішення рівняння (2) дозволяє проаналізувати роботу торцевого ущільнення з канавкою у вигляді спіралі Архімеда на торці обертового кільця, при поверненні проникаючої назовні рідини назад в ущільнену порожнину.

Література

1. Малащенко В.О. Торцеві ущільнення підвищеної герметичності / В.О. Малащенко, І.О. Похильчук, В.М. Стрілець В.М. // Монографія. – Рівне: НУВГП, 2014. – 128 с.
2. Пат. 108700 Україна, МПК(2006.01) F16 J 15/34. Торцеве ущільнення / О.Р. Стрілець, І.О. Похильчук, В.М. Стрілець, М.М. Козяр, С.В. Мазур; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. –и №2016 01231, заявл. 12.02.2016; опубл. 25.07.2016, Бюл. №14.
3. Пат. 108704 Україна, МПК(2006.01) F16 J 15/34. Торцеве ущільнення / І.О. Похильчук, О.Р. Стрілець, М.М. Козяр, В.М. Стрілець, С.В. Мазур; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. –и №2016 01240, заявл. 12.02.2016; опубл. 25.07.2016, Бюл. №14.
4. Пат. 112500 Україна, МПК(2006.01) F16 J 15/34. Спосіб виготовлення канавки на торці обертового кільця тертя торцевого ущільнення / Стрілець О.Р., Стрілець В.М., Козяр М.М., Похильчук І.О., Мазур С.В.: заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. –и №2016 04205, заявл. 18.04.2016; опубл. 26.12.2016, Бюл. №2.